

Problemas relacionados con la colocación de pavimentos y revestimientos cerámicos

Antonio García Verduch. Dr. Arquitecto. José Emilio Enrique Navarro. Dr. Arquitecto. Gonzalo Silva Moreno. Dr. Arquitecto

En el artículo se profundiza en el complejo mundo de la colocación de materiales cerámicos, de sus limitaciones, de las interacciones entre materiales. Desde las características que debe cumplir un soporte para recibir baldosas cerámicas hasta las consideraciones relativas a los asentamientos del edificio y su influencia en las variaciones dimensionales de los soportes para materiales cerámicos

Las baldosas cerámicas no adquieren su valor último hasta que están instaladas en la obra. El producto que valora y aprecia el usuario no es la baldosa aislada, sino la baldosa fijada en su lugar de servicio.

La colocación de las baldosas en suelos y paredes no supone un simple cambio de posición. Supone nada menos que el comienzo de una nueva vida para ellas. A partir del momento de su instalación ya nada será igual que antes para las baldosas cerámicas. Antes eran independientes y no tenían responsabilidad de servicio. Después son solidarias con otros materiales y han de afrontar, conjuntamente con ellos, unas condiciones hostiles de servicio.

El acoplamiento físico y químico entre materiales obliga a mucho, porque los materiales acoplados han de hacer frente, solidariamente, a todas las solicitudes externas. Ya no puede actuar cada uno de ellos, por separado, según sus naturales inclinaciones.

Muchas de las interacciones entre las baldosas y otros materiales son moderadas y sutiles, y garantizan una feliz convivencia. Otras interacciones, sin embargo, son brutales y traumáticas, y pueden causar daños a las baldosas, o pueden, incluso, producir un divorcio que deje las baldosas sueltas y liberadas de sus soportes constructivos.

Las baldosas, aunque sean de buena calidad, si son obligadas a convivir con materiales inadecuados y a afrontar, conjuntamente con ellos, unas acciones externas excesivamente severas, es seguro que darán muy poca satisfacción a los usuarios, a los constructores y a aquellos que las fabricaron.

Las baldosas cerámicas, para que rindan un buen servicio, han de ser destinadas al uso para el cual fueron creadas, han de ser fijadas sobre soportes adecuados y bien preparados, con adhesivos compatibles e idóneos, y han de ser colocadas por manos hábiles y expertas.

En lo que sigue, se hará una breve incursión en este complejo mundo, limitada a las características y preparación de los soportes que han de ser revestidos, y a las interacciones que se producen entre las baldosas y los soportes.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SOPORTES UTILIZADOS PARA LA INSTALACIÓN DE BALDOSAS CERÁMICAS

Para la correcta planificación de las operaciones de embaldosado, hay que comenzar por conocer la naturaleza, el estado y el comportamiento de los soportes que han de ser revestidos. Al hacer este análisis previo, hay que fijar la atención sobre algunas características concretas de los soportes, tales como:

- Planitud y regularidad de la superficie del soporte, porque de ello depende el espesor y las capas de mortero de cemento-arena que hay que aplicar para restaurar una superficie plana que sea apta para la colocación. La configuración geométrica de dicha superficie influye sobre la elección del método de colocación.

- Porosidad y acciones capilares del soporte, porque de esas propiedades depende el grado de adhesión que se logre al aplicar la capa de enfoscado de mortero de cemento-arena.

Es bien conocida la inadecuación de las superficies que poseen una alta capacidad de succión, y esas superficies son más inadecuadas cuando, además, poseen una irregular distribución de la capacidad de succión. Para moderar la succión hay que mojar las superficies, pero el grado de mojado requerido depende de la naturaleza del soporte, del tipo de mezcla que se use, del método de aplicación, y de las condiciones ambientales.

- Movimientos de los soportes inducidos por la humedad o por las variaciones térmicas. Estos movimientos del soporte, junto con los producidos en el revestimiento, dan lugar a las contracciones y dilataciones diferenciales que están en el origen de muchas situaciones patológicas.

- Rugosidad de los soportes y capacidad de anclaje a las capas que se superpongan sobre ellos. La propia naturaleza textural de los soportes suele proporcionar suficiente capacidad de anclaje, pero cuando esto no ocurre, se puede aumentar esa capacidad mediante diversas acciones.

- Presencia de sustancias contaminantes sobre la superficie original de los soportes, que puede deteriorar la adhe-

sión de las capas que se superpongan. Esta contaminación puede tener su origen en anteriores aplicaciones decorativas, como encalado o pintado, o bien en la exposición a suciedad ambiental de cualquier tipo.

- Las sales solubles, y en especial los sulfatos, que a veces contienen los soportes, pueden ejercer acciones nocivas sobre la adhesión de las capas que se superpongan sobre ellos.

Por tratarse de sales solubles, su movilización está estrechamente relacionada con la existencia de condiciones excesivamente húmedas en la obra.

- Superficies desmoronadas o descompuestas de los soportes. Esta situación de disgregación, en la cual se ha perdido la firmeza estructural de los materiales originales, es altamente indeseable para la colocación de revestimientos cerámicos, porque actúa muy negativamente sobre la adhesión. Las capas alteradas deben ser eliminadas, hasta que se encuentre soporte firme inalterado.

CLASES DE SOPORTES

Materiales densos, resistentes y de superficie lisa

Entre estos materiales se encuentran los ladrillos y los bloques cerámicos de alta densidad, el hormigón denso, bien sea premoldeado o moldeado in situ, algunas piedras naturales, ladrillos vidriados y baldosas vidriadas. Este grupo de materiales se caracteriza por tener baja porosidad, baja capacidad de succión y superficies relativamente lisas que proporcionan un anclaje mecánico muy pobre.

La contracción por secado de los ladrillos y de los bloques cerámicos de alta densidad es despreciable. En los hormigones densos, dicha contracción puede variar desde baja hasta alta, según sea la dosificación, la calidad de los materiales y otras circunstancias, pero, en general, no llega a ser más que moderada.

Materiales moderadamente resistentes y porosos

En esta categoría se incluyen los ladrillos y bloques no definidos específicamente como de muy alta densidad o como productos ligeros. También se incluyen en esta categoría algunos hormigones de resistencia intermedia, hechos con áridos naturales, y los hormigones estructurales ligeros.

Estos materiales poseen una capacidad de succión relativamente alta y, en general, proporcionan un buen anclaje mecánico y una buena adhesión para los enfoscados u otras capas intermedias que hubieran de utilizarse. La contracción por secado del hormigón es variable, y debe ser tenida en consideración.

La mayoría de los ladrillos de silicato de calcio y de bloques de hormigón denso se incluyen en esta categoría, aunque su resistencia, su porosidad y su contracción de secado, por ser ampliamente variables, deben ser consideradas de modo especial en cada caso.

Materiales moderadamente débiles y porosos

Los bloques que contienen áridos ligeros, el hormigón aireado en autoclave y algunos tipos de ladrillos de resistencia

mecánica relativamente baja, requieren un mayor cuidado en la selección de los enfoscados o capas intermedias, que cuando se trata de soportes moderadamente resistentes y porosos.

Conviene subrayar que la capa aplicada no debe ser más resistente que el soporte sobre el cual se aplica, ya que si fuese más resistente, al producirse su contracción se sometería a cizalla la superficie del soporte subyacente.

Los bloques ligeros, de densidad inferior a 625 Kg/m^3 , no deben usarse como soporte para enfoscados que después han de soportar un azulejado cerámico, á menos que se refuerce el enfoscado con una malla metálica sujeta a la obra de bloques.

Hormigón sin áridos finos

Esta clase de hormigón constituye una categoría especial porque sus muchos poros, de tamaño relativamente grande, proporcionan un anclaje muy eficaz para la fijación de enfoscados u otras capas intermedias. La contracción por secado y la succión de esa clase de hormigón varían desde bajas hasta moderadas, según sea el árido usado.

Placas y tableros

En este grupo se incluyen los paneles de cartón-yeso, las placas y los paneles de yeso, las planchas de cemento reforzadas por fibras de vidrio, los tableros de fibras aglomeradas, los tableros de madera contrachapada y los tableros de madera aglomerada.

Las placas y los tableros deben estar secos al comenzar la operación de embaldosado.

Las superficies de los tableros no deben sufrir distorsiones u ondulaciones, ni durante la fijación de los azulejos, ni después, durante la prestación de su servicio.

Un sistema satisfactorio de reforzamiento o rigidización consiste en sujetar la plancha o el tablero a un retículo de listones de madera curada, de suficiente resistencia, con espaciados vertical y horizontal de unos 300 mm entre centros. Los tableros deben ser atornillados al retículo, y no clavados.

La superficie sobre la cual se va a azulejar ha de ser rígida y plana.

En aquellos casos en que la plancha o tablero posea una cara lisa y otra rugosa, hay que fijar la cara lisa al retículo de madera, y dejar descubierta la rugosa para fijar los azulejos sobre ella. Como es natural, las superficies que han de recibir los azulejos han de estar exentas de grasa, polvo u otras suciedades.

Se requiere que los tableros estén bien secos antes de fijar los azulejos sobre ellos. Las caras posteriores de los tableros y sus bordes deben ser cuidadosamente impermeabilizados para evitar que, a su través, penetre la humedad atmosférica y produzca deformaciones.

Las planchas y los tableros no deben ser usados en ambientes húmedos ni en lugares mojados, a menos que sean dimensionalmente estables con respecto a los cambios de humedad.

Enfoscados de mortero de cemento-arena

Como es natural, los enfoscados han de ser compatibles, por una parte, con la base sobre la cual se aplican, y, por otra, con el material adhesivo que se ha de extender sobre ellos para fijar las baldosas cerámicas.

Los enfoscados de mortero de cemento-arena han de quedar firmemente unidos a su base y han de presentar una perfecta terminación geométrica.

En condiciones atmosféricas de rápida evaporación, los enfoscados han de ser protegidos durante, al menos, los primeros tres días desde su aplicación. La operación de fijación de las baldosas cerámicas no debe comenzar antes de que transcurran, al menos, dos semanas desde que se terminó el enfoscado.

Cuando la base sobre la cual se aplica el enfoscado es demasiado absorbente, conviene moderar su velocidad de succión, por mojado, antes de extender el mortero sobre ella.

Hay que evitar que las superficies, ya mojadas, queden expuestas al aire demasiado tiempo, y se sequen antes de proceder al enfoscado. Si ésto ocurre, hay que volver a mojarlas. Constituye un buen hábito coordinar el ritmo de mojado de la base y de extensión del mortero sobre ella.

Cuando se van a enfoscar superficies hechas con materiales densos, resistentes y de superficie fina, o materiales moderadamente resistentes y porosos, tales como ladrillos y bloques cerámicos de alta densidad, u hormigón denso, premoldeado o moldeado in situ, hay que utilizar morteros hechos con 1 parte de cemento y 3 a 4 partes de arena seca, en volumen, lo cual corresponde a mezclas de 1:3,5 a 1:4,5 en peso.

En la práctica, es habitual utilizar arena húmeda. Si no se hace ninguna corrección por esta circunstancia, la mezcla resulta más rica de lo que se desea. En estos casos, puede ser aconsejable utilizar mezclas de 1 parte de cemento y 4 a 5,5 partes de arena, en volumen, o mezclas de 1:4,5 a 1:6,5 en peso.

Cuando la mezcla es demasiado rica, aumenta la contracción por secado, y cuando es demasiado pobre, puede llegar a ser tan débil que no soporte el peso conjunto de las baldosas y del mortero que se utilice para fijarlas.

Para enfoscar superficies hechas con materiales moderadamente débiles y porosos, como por ejemplo algunos tipos de hormigón hecho con áridos ligeros, hormigón aireado en autoclave y ladrillos de resistencia mecánica relativamente baja, hay que utilizar morteros hechos con 1 parte de cemento y 4 partes de arena, en volumen, ó 1:4,5 en peso.

En el caso de que haya que recubrir con baldosas cerámicas superficies mixtas, en las cuales se pasa desde un material de base a otro distinto, se crea la situación de hacer coexistir una superficie azulejada continua con una base discontinua formada por materiales diferentes. Los movimientos diferenciales que se originan en este caso deben ser neutralizados mediante la interposición de una junta de separación en el lugar correspondiente.

Los enfoscados no deben sobrepasar los 20 mm de espesor. Cuando sobrepasan este valor, se aumentan indebidamente las tensiones de contracción y, en consecuencia, las posibilidades de agrietamiento.

Si el grosor definitivo se alcanza aplicando dos capas sucesivas, el grosor de cada una de ellas no debe ser menor de 8 mm, ni mayor de 16 mm.

En este caso, la primera capa aplicada debe ser rascada o peinada antes de que endurezca, con el fin de proveer un buen anclaje a la capa siguiente. La operación se realiza con un peine que posee dientes metálicos distanciados entre si unos 20 mm. Mediante este peinado, se marcan surcos ondulantes de unos 5 mm de profundidad.

La primera capa, así preparada, debe dejarse endurecer y secar para que la contracción tenga lugar antes de aplicar sobre ella la segunda capa. Esta segunda capa debe ser de mortero igual o más pobre que el empleado en la primera capa. Además, la segunda capa debe ser más delgada que la primera.

La segunda capa debe peinarse, marcando surcos, cuando los azulejos van a ser fijados sobre ella con mortero de cemento-arena. Por el contrario, cuando los azulejos van a ser fijados con un adhesivo, la superficie del enfoscado debe alisarse con madera, y además ha de quedar muy plana, de modo que, al ser comprobada con una regla de 2 m, no se observen flechas superiores a 3 mm.

Yeso

Los enlucidos de yeso han de estar firmemente adheridos a su base, y han de ser suficientemente resistentes para soportar el peso de la capa de azulejos.

Un enlucido de yeso, seco y bien adherido a su base, viene a soportar un peso máximo de capa de azulejos de unos 20 Kg/m², que equivale a azulejos de 8 mm de grosor.

Antes de proceder a la colocación del revestimiento cerámico hay que inspeccionar la superficie de yeso, tratando de comprobar por sonido la buena adhesión a la base. También hay que comprobar que no existen áreas de yeso débil, suelto o alterado. Cuando se descubren áreas defectuosas, hay que picarlas y rehacerlas, dejando que se sequen completamente estas áreas rehechas, antes de proceder a la colocación del revestimiento cerámico.

Es muy importante que exista una buena adhesión entre la capa de yeso que actúa de base y la capa de yeso que forma el enlucido. Los azulejos se deben fijar solamente sobre la capa de enlucido, y no directamente sobre la capa de yeso anterior que forma la base. Las operaciones de fijación del revestimiento cerámico deben realizarse sobre superficies de yeso completamente secas. Desde que se termina la superficie de yeso hasta que comienza la colocación de los azulejos han de transcurrir, al menos, cuatro semanas.

Las superficies de yeso que han de ser revestidas de azulejos no deben ser trabajadas excesivamente con la llana, porque esta operación estimula la formación de polvo en la superficie y además hace disminuir la capacidad de succión.

La fijación de los azulejos sobre yeso ha de realizarse siempre mediante adhesivos aplicados en capa delgada. Por esta razón, es muy importante que las superficies a revestir sean muy planas. Cuando se comprueba con una regla de 2 m no debe existir flechas superiores a los 3 mm. Cuando existan flechas superiores a este valor, deben hacerse las necesarias correcciones del soporte para restaurar la planitud.

PREPARACIÓN DE LOS SOPORTES PARA RECIBIR LOS REVESTIMIENTOS CERÁMICOS

Existen muchas razones por las cuales los soportes pueden ser inadecuados para fijar sobre ellos unas determinadas baldosas, con unos determinados adhesivos y con unas determinadas técnicas de colocación.

Para lograr el objetivo final, que es la obtención de un revestimiento de alta calidad y gran durabilidad, se hace necesario partir de un soporte que esté preparado en condiciones óptimas para recibir la capa de agarre.

La primera acción es conocer la naturaleza, estado y propiedades del soporte disponible y, a la vista de ello, decidir qué modificaciones son necesarias para optimizar su comportamiento. Así, por ejemplo, cuando se trate de superficies muy lisas y poco adherentes, se podrá modificar su rugosidad o se podrá interponer un agente que estimule la adhesión. Cuando la capacidad de succión del soporte sea escasa, o su irregularidad superficial sea inaceptable, se podrá recurrir a cubrir la superficie con otro material, como un enfoscado, que provea la necesaria succión y regularidad geométrica. Incluso, en este caso, puede ser necesario el tratamiento de la superficie original para mejorar el agarre del enfoscado.

En el caso de placas y tableros, de superficies pintadas y de azulejos o ladrillos vidriados, que se hallen en buenas condiciones, se puede realizar la colocación directa de los azulejos utilizando un adhesivo adecuado de colocación en capa fina.

Cuando los soportes poseen irregularidades que rebasan los límites establecidos, se hace necesario aplicar una capa intermedia de regularización para corregir esas irregularidades y para proveer una superficie precisa, sobre la cual sea posible utilizar adhesivos en capa fina.

Los enfoscados de cemento-arena, constituyen unos soportes para la fijación de los azulejos que son mucho más robustos y resistentes que los enlucidos de yeso. De todos modos, estos enlucidos de yeso constituyen soportes aceptables, siempre que se utilicen adhesivos adecuados y se evite su uso en áreas muy húmedas.

OPERACIONES DE PREPARACIÓN DE LOS SOPORTES

Una buena colocación de los pavimentos o revestimientos cerámicos debe comenzar por una cuidadosa preparación de los soportes sobre los cuales se han de fijar las baldosas.

Nivelación

Esta operación está destinada a regularizar la planitud del soporte. Para ello se utiliza una capa de mortero de cemento y/o cal, o con pastas niveladoras, o bien con el mismo mor-

tero cola, cuando el grueso no supera los 5 mm. La nivelación debe hacerse al menos 48 horas antes de la colocación de las baldosas.

En la colocación en capa gruesa, el espesor del mortero permite corregir las irregularidades del soporte. Como es natural, en las zonas en las que es mayor el grosor de la capa de mortero, se hace mayor el riesgo de contracciones excesivas y fisuraciones.

Limpieza

Para lograr una buena adhesión al soporte, hay que descubrir su superficie genuina y firme. Para que sea genuina, hay que eliminar todas las sustancias extrañas superpuestas, como restos de revestimientos antiguos y suciedad de todo tipo. Para que sea firme, hay que eliminar todas las sustancias particuladas libres que no formen cuerpo con el soporte, tanto si son propias, como extrañas.

Las superficies de colocación han de ser sometidas a una esmerada limpieza previa. Los residuos sueltos, tales como polvo, yeso, mortero mal adherido, etc., y los líquidos desenfoscantes disminuyen la adherencia de los materiales de agarre. Los aceites y las grasas deben ser eliminados con disolventes apropiados.

Corrección de la rugosidad y la absorción

La irregularidad de las superficies a encolar -manifestada como rugosidades y asperezas de las más variadas configuraciones- contribuye a exaltar la adhesión por anclaje mecánico. Por esta razón, es recomendable alterar mecánicamente los soportes excesivamente lisos, tales como hormigón vibrado, hormigón prefabricado, etc.

En el caso de soportes muy lisos, es necesario aumentar su rugosidad mediante repicado o por otros medios. También puede aumentarse la adherencia mediante lavado con agua a presión, o bien efectuando un puente de adherencia con imprimaciones especiales.

En tiempo muy caluroso, con viento, o en corrientes de aire debe humidificarse el soporte antes de la colocación, procurando que no se produzcan excesos de agua.

Endurecimiento de la superficie de colocación

Las superficies pulverulentas o disgregadas deben endurecerse con productos especiales. Si la disgregación es amplia o generalizada, debe eliminarse toda la superficie afectada, bien sea de mortero, de yeso o de otros materiales, hasta encontrar el soporte sano.

Superficies de colocación incompatibles

Las superficies acabadas con pinturas no son aptas para recibir materiales de agarre a base de ligantes hidráulicos (cemento, cal).

La colocación en capa fina no puede realizarse directamente sobre impermeabilizaciones con productos asfálticos o bituminosos. Es necesario aplicar una capa de mortero sobre la impermeabilización.

Imprimaciones

Sobre soportes de madera o yeso es conveniente la aplicación de una imprimación impermeabilizante.

Sobre soportes muy lisos, poco absorbentes, se debe aplicar un puente de adherencia con productos-específicos.

Las superficies de colocación en rehabilitación

En la aplicación de cerámica en rehabilitación se hace necesario extremar los trabajos de preparación de la superficie de colocación. Debe establecerse un diagnóstico preciso de la misma, realizando las operaciones necesarias para obtener una superficie apta para recibir la cerámica. Cada situación corresponde a un caso particular, ya que los mecanismos adoptados para rehabilitar un suelo industrial, por ejemplo, no son válidos para una cocina o un cuarto de baño. No existe una solución única, válida en todos los casos. Por ello es aconsejable consultar previamente a los fabricantes de materiales de agarre, sobre el procedimiento a seguir y los productos a utilizar.

Como norma general, es necesario encontrar o preparar un soporte sano, limpio, resistente, seco y con una buena planeidad. Las operaciones a realizar son de cinco tipos:

- Eliminar los soportes inadecuados (disgregables, poco resistentes, etc.)

Ejemplos: Moquetas, suelos plásticos, morteros disgregables o fisurados en todo su grosor, pinturas, yeso en mal estado, etc.

- Aplicar una capa de nivelación con el mismo material de agarre, o bien con mortero o con productos específicos. En pavimentos sobre soportes que pueden sufrir movimientos o deformaciones, es conveniente interponer una capa de separación para desolidarizar el recubrimiento cerámico.

- Consolidar la obra. Verificar la posible sobrecarga de la estructura.

- Preparar la superficie de colocación aplicando productos adecuados para impermeabilizarla o endurecerla, o bien que actúen como puente de adherencia entre el soporte y el material de agarre.

- Verificar la compatibilidad entre la superficie de colocación y el material de agarre. Sobre soportes a base de yeso utilizar productos específicos, pastas adhesivas o morteros cola con caseína.

INTERACCIONES ENTRE LAS BALDOSAS CERÁMICAS Y LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS QUE ACTÚAN DE SOPORTE

Conceptos generales

Cuando se induce una deformación en un elemento constructivo formado por varias capas, esta deformación afecta a cada una de ellas de un modo particular, que depende de sus características físicas y mecánicas. Las deformaciones diferenciales que se engendran en el sistema multicapa están condicionadas por el tipo de unión que existe entre las capas unitarias.

De modo especial interesa el caso concreto de que una de las capas esté formada por baldosas cerámicas, ya que las deformaciones diferenciales que se engendran entre ellas y la capa subyacente, pueden ser suficientes para producir su despegue.

Es importante dedicar atención a la adhesión entre la baldosa y el soporte, aunque en algunos casos el despegue se produce por falta de cohesión del mortero. Por lo general, el despegue se produce por la acumulación de esfuerzos cortantes entre la baldosa y la capa de adhesión, además de las acciones de arranque que suponen una tracción vertical.

Este conjunto de esfuerzos se genera por la intervención de las siguientes acciones:

- Variaciones dimensionales de las baldosas.
- Variaciones dimensionales de la capa de adherencia.
- Variaciones dimensionales del elemento portante.
- Variaciones dimensionales por acciones térmicas.
- Asentamiento de los edificios.

Variaciones dimensionales de las baldosas

Las baldosas cerámicas, desde el momento en que salen del horno, comienzan a absorber humedad y a experimentar una expansión. Parte de esa expansión tiene carácter permanente e irreversible, mientras que otra parte es cíclica y reversible, y varía con el estado de humectación de la baldosa.

Cuando se exponen a la humedad las baldosas cerámicas, y luego se secan, se producen simultáneamente dos tipos de variación dimensional. Según uno de ellos, el agua es sorbida físicamente, y el cuerpo se expande al mojarse y se contrae prácticamente hasta su tamaño original, al secarse. Los cambios dimensionales son, por tanto, reversibles.

Según el otro mecanismo, que es de naturaleza química, se produce la hidratación de constituyentes tales como silicoaluminatos amorfos, vidrios, sílice amorfa y minerales de arcilla deshidratados, y ello lleva aparejada una expansión.

La expansión irreversible que sufren las piezas cerámicas en presencia de humedad está íntimamente relacionada con la química de superficies y con los mecanismos de quimisorción de las fases más activas de la materia cerámica.

El problema de la expansión por humedad se manifiesta especialmente en los materiales cerámicos porosos, que han sido cocidos a más bajas temperaturas. En los materiales, como el gres, que han sido cocidos a temperaturas más altas y tienen muy baja o nula porosidad abierta, tiene muy escasa relevancia el problema de las variaciones dimensionales por acción del agua.

Cuando las baldosas no están libres, sino adheridas a un soporte, la dilatación que experimentan al humidificarse, está coartada y restringida por el soporte. El esfuerzo tangencial que se crea entre el revestimiento cerámico y el soporte depende de la naturaleza, tamaño y distribución de las juntas, de la magnitud de la expansión por humedad de las baldosas, y de los módulos elásticos y espesores del revestimiento y del soporte.

Cuando se somete un revestimiento cerámico a variaciones cíclicas de humectación-dsecación, se producen efectos de expansión-contracción que pueden inducir estados de fatiga.

Por estas razones, hay que seleccionar materiales cerámicos de baja expansión por humedad para hacer recubrimientos en zonas donde sea frecuente la presencia de altos valores de humedad relativa, o de agua líquida.

Cuando se utilizan baldosas cerámicas que muestran sensibilidad dimensional a la humedad, es conveniente:

- Disponer de juntas de dilatación, o aumentar sus exigencias en el caso de que dichas juntas ya estuviesen previstas por la existencia de cargas térmicas.
- Efectuar la colocación de las baldosas con juntas abiertas.
- Utilizar adhesivos elásticos.
- Utilizar materiales de rejuntado resistentes al agua.

Cuando las baldosas puedan experimentar dilatación por humedad, es conveniente utilizar una técnica de colocación que asegure una adhesión homogénea de las baldosas al soporte. La falta de homogeneidad de la adhesión puede causar importantes despegues de las baldosas, debido a que las tensiones tienden a descargarse en las zonas de debilidad.

Como la expansión por humedad tiende a poner en compresión el pavimento, el efecto de despegue puede intensificarse si existen contactos puntuales entre baldosas contiguas que provocan acciones locales de tracción vertical.

Como es natural, las sollicitaciones tangenciales que se engendran no son debidas únicamente a las variaciones dimensionales de las baldosas cerámicas, sino que dependen también de la contracción que experimenta el soporte y de la deformación elástica de las estructura.

Las sollicitaciones que se producen a causa de la eventual movilidad diferencial entre el revestimiento de baldosas y el soporte, varían notablemente por la presencia o ausencia de juntas de colocación y de dilatación.

Variaciones dimensionales de la capa de adherencia

La contracción que se produce en los morteros de cemento tiene intensidad muy variable, y depende de numerosos factores, tales como, dosificación de cemento, cantidad de agua de amasado, finura de molienda del cemento, naturaleza química del cemento, naturaleza mineralógica y granulometría de la arena, naturaleza y concentración de sales solubles en el agua de amasado, presencia de armaduras en la capa de mortero, etc.

La contracción de los morteros que se utilizan para la colocación de baldosas, se produce, casi en sus dos terceras partes, en el primer mes, y la tercera parte restante, de forma amortiguada, durante los tres años siguiente. Después, la contracción continua, pero ya con valores casi despreciables.

Las tensiones tangenciales que se producen en el contacto de las baldosas con el mortero se deben al efecto concurrente de las inestabilidades dimensionales de ambos. Las tensiones aumentan cuando coinciden las expansiones

de las baldosas y las contracciones del mortero. Al producirse la contracción del mortero, y ser esta contracción impedida por las baldosas cerámicas que se expanden, la capa de mortero entra en tracción, con lo cual se aumenta el estado coactivo entre ambas capas. Si las tensiones internas producidas superan determinados valores, se inicia la fisuración.

Cuando ocurre una microfisuración] difusa, se reduce considerablemente el esfuerzo de corte, y se desactiva el estado de tensión.

Para la colocación de baldosas cerámicas se utilizan, con más frecuencia, los cementos Portland de las categorías P-250 y, en algunas ocasiones, de la P-350, cuyas resistencias a compresión a los 28 días, en condiciones normalizadas, son, respectivamente, de 250 y 350 kp/cm².

No es aconsejable utilizar cementos Portland de mayor resistencia, que aumentarían la resistencia de la adhesión, porque darían lugar a contracciones excesivas, con riesgo de producir estados patológicos en las superficies revestidas con baldosas cerámicas. Tampoco es aconsejable el uso de cementos Portland que contengan escorias y cenizas volantes, ya que sus componentes solubles pueden aflorar por las juntas de colocación de las baldosas, dando lugar a la aparición de manchas.

Una dosificación habitual de los morteros de cemento para la colocación de baldosas es la siguiente: 1 parte en volumen de cemento Portland P-250 ó P-350; 4-5 partes en volumen de arena de granulometría adecuada, y agua en la cantidad estrictamente necesaria.

El empleo de cal en los morteros es cada vez menos frecuente, y se limita casi exclusivamente a la preparación de morteros bastardos para el alcatado de paredes.

El uso de cal debe evitarse en la colocación de piezas cerámicas porosas sin vidriar, ya que la cal hidratada puede aflorar por capilaridad a su superficie.

Una mezcla de mortero mal ejecutada, con insuficiente homogeneización, posee zonas más ricas en árido, que se caracterizan por tener:

- Menor resistencia mecánica.
- Menor fuerza de adhesión.
- Menor contracción.

Las interacciones de estas zonas con otras contiguas, más ricas en cemento, producen tensiones diferenciales, que complican aún más el esquema general de interacciones entre el revestimiento cerámico y el soporte sobre el cual se asienta.

Los morteros predosificados, que llegan a las obras en sacos herméticos, han sido homogeneizados en fábrica, y los colocadores y alcatadores, únicamente han de añadirles la cantidad precisa de agua para obtener la pasta.

Los morteros predosificados, aparte de evitar el riesgo de las heterogeneidades de mezclado, presentan las ventajas adicionales de poseer áridos con curvas granulométricas controladas, y de facilitar el trabajo de los colocadores, ya que así pueden concentrarse exclusivamente en las propias operaciones de la colocación.

En el caso de los restantes materiales de agarre, utilizados en capa fina, es importante conocer y evaluar las variaciones dimensionales que experimentan durante su endurecimiento o fraguado, y también su adherencia y sus propiedades mecánicas.

Variaciones dimensionales del elemento portante

Los hormigones y, en general, los aglomerados de cemento, experimentan deformaciones viscoplásticas, o deformaciones debidas a la acción de las cargas en función del tiempo. Se miden introduciendo la variable tiempo en el diagrama tensión-deformación.

El comportamiento viscoplástico, a su vez, depende de la edad de los elementos constructivos del cemento. Así, pues, las deformaciones viscoplásticas son mayores cuanto menor es el tiempo transcurrido desde el moldeo o conformación del elemento constructivo hasta el momento de la aplicación de la carga.

La contracción plástica no debería afectar a la colocación de recubrimientos cerámicos, puesto que nunca se deben colocar baldosas o azulejos sobre un mortero u hormigón que esté en edad de contracción plástica.

En general, se desaconseja colocar cerámica con adhesivos rígidos antes de que hayan pasado seis meses desde que se construyó el soporte de hormigón. Si se utilizan adhesivos elasticados, se puede colocar la cerámica después de, tan solo, 28 días. En el caso de enlucidos o capas de compresión a base de morteros, se aconseja una edad mínima de 28 días.

Las contracciones de los elementos constructivos de cemento se prolongan durante varios años. Así pues, en la práctica, se comienzan las operaciones de pavimentación y revestimiento cuando las contracciones de los elementos portantes aún no se han acabado. Este comportamiento origina movimientos diferenciales entre el pavimento y el soporte de colocación y, en consecuencia, la creación de tensiones entre ambos elementos.

Para evitar los efectos negativos que producen las variaciones dimensionales del elemento portante, se pueden ejercer las siguientes acciones:

- Realizar pavimentos flotantes, intercalando una capa de separación entre el elemento estructural y la superficie de pavimento. Esta capa de desolidarización tiene como fin independizar los comportamientos dilatómetros de la estructura y del pavimento.
- Usar adhesivos elásticos, que permitan pequeños movimientos diferenciales entre el pavimento cerámico y la base sobre la cual se coloca.
- Proveer un esquema adecuado de juntas de colocación que permita absorber parte del movimiento diferencial.
- Tratar de extender, en lo posible, el período que media entre la finalización del elemento portante y su recubrimiento con el pavimento cerámico, procurando que este período no sea nunca inferior a 30 días.

Las capas de mortero que se apliquen durante la preparación de la base, antes de instalar el pavimento, también

experimentan variaciones dimensionales y, por tanto, hay que hacer extensivas a ellas, en la escala apropiada, las consideraciones anteriores.

Variaciones dimensionales por acciones térmicas

En el caso de un elemento constructivo complejo, en el cual coexisten dos o más materiales, hay que considerar, primero, el comportamiento térmico de cada uno de ellos, por separado, para después interpretar el comportamiento del conjunto cuando es sometido a una determinada variación de temperatura. Un ejemplo puede ser la coexistencia de un soporte plano, una capa de mortero o adhesivo de cualquier otro tipo, y una capa sobrepuesta de baldosas cerámicas.

Al someter un elemento constructivo complejo a una única variación de temperatura, cada uno de los materiales componentes experimenta una variación dimensional que está dictada por su coeficiente de dilatación. Ahora bien, los materiales se comportarían así si fuesen absolutamente independientes unos de otros.

En la práctica, las disposiciones constructivas suponen unas interacciones de adhesión entre los materiales, las cuales generan unas fuerzas que se oponen a la libre manifestación de las dilataciones o contracciones individuales. Como es natural, las diferencias de comportamiento dilatómetro entre materiales contiguos solidarios crean estados tensionales.

Los elementos constructivos pueden experimentar variaciones térmicas, que originan estados de tensión, por diferentes razones, como por ejemplo:

- Diferencias de temperatura que se producen en períodos cortos, como son las que ocurren entre el día y la noche, o en períodos largos, como son las que ocurren entre el verano y el invierno.
- Diferencias térmicas debidas a la orientación del elemento constructivo y, por tanto, a la exposición a diferentes factores climáticos.
- Diferencias térmicas debidas a la mayor o menor protección de la insolación, de los vientos y de la lluvia. Situación interior o exterior. Protección por porches, aleros, etc.
- Diferencias térmicas debidas a la presencia o ausencia de capas de aislamiento.
- Color y brillo de la superficie del elemento constructivo que está expuesta a la insolación, como por ejemplo el caso de baldosas cerámicas vidriadas o sin vidriar, y de colores oscuros o claros.
- Coexistencia de materiales contiguos de diferente color, que son expuestos a insolación, como por ejemplo, baldosas negras en contacto con baldosas blancas.
- Calentamiento o enfriamiento aéreo por acción de aparatos de calefacción o de refrigeración. Calentamiento por elementos calefactores integrados en la obra.
- Acción directa de chorros de vapor, por ejemplo con fines de limpieza.

Las tensiones creadas por las diferencias de temperatura deben aliviarse mediante la colocación de las oportunas juntas de dilatación.

En los pavimentos y revestimientos interiores, lo habitual es que se produzcan pequeñas diferencias de temperatura, a no ser que existan calentamientos excesivos por insolación a través de grandes ventanales, o calentamientos locales causados por los elementos de calefacción. Cuando se trata de superficies reducidas, y no existen calentamientos excepcionales, se puede prescindir de las juntas de dilatación.

En ambientes exteriores las situaciones pueden llegar a ser muy críticas porque, en nuestros climas, son posibles importantes variaciones de temperatura. Así, por ejemplo, en algunas zonas españolas especialmente frías, la temperatura puede descender hasta unos -20°C en invierno, y en verano, con insolación directa sobre superficies oscuras, se pueden alcanzar los 70°C .

Como es natural, la máxima temperatura alcanzada por insolación depende de la naturaleza y del color de la superficie que recibe la radiación. Así, por ejemplo, cuando la superficie está recubierta por azulejos blancos vidriados, la temperatura máxima previsible es de 45°C .

Por esta razón, se deben prever juntas de dilatación mayores cuando se trate de superficies oscuras. Además, en superficies expuestas a fuerte insolación, no es aconsejable instalar, en posición contigua, baldosas de colores muy contrastados, a menos que se tomen las debidas precauciones en la instalación, respecto a las juntas de colocación y al adhesivo empleado.

En el revestimiento de fachadas hay que prever juntas de dilatación horizontales y verticales a distancias comprendidas entre 3 y 6 m. La separación de 3 m debe usarse en los casos más desfavorables, cuando las baldosas cerámicas son de color oscuro, cuando las fachadas están orientadas al oeste y cuando la superficie de colocación es muy aislante térmicamente. Por el contrario, la separación de juntas de 6 m. debe usarse en los casos más favorables, es decir, cuando las baldosas son de color blanco, las fachadas están orientadas al norte y la superficie de colocación es poco aislante.

En las esquinas se deben disponer siempre juntas verticales. La separación entre forjados o los alineamientos de los dinteles de las ventanas pueden servir como referencia para la disposición de las juntas horizontales.

En la pavimentación de superficies horizontales, expuestas a la intemperie, como terrazas, patios o balcones, se recomienda una separación entre las juntas de dilatación que oscila entre los 2,5 m y los 5 m, formando una retícula. En el caso de estas superficies horizontales expuestas, es mayor la exigencia de proximidad de juntas, debido a los efectos derivados de una mayor retención e infiltración del agua, que activa otros mecanismos de inestabilidad dimensional. Además, hay que seguir teniendo presente los efectos térmicos derivados de la coloración de las baldosas y de la intensidad de la insolación, que será mayor en las superficies expuestas al sur.

Como casos de acciones térmicas no climáticas, pueden citarse dos casos de pavimentos y revestimientos interiores que están sometidos a fuertes cargas térmicas.

Uno de los casos es el de los locales industriales en los que se emplea agua caliente o vapor para la limpieza.

El otro caso es el de las cámaras frigoríficas, que pueden funcionar a unos -25°C y, periódicamente, se someten a limpieza con vapor a unos 80°C . Estas importantes diferencias de temperatura obligan a una mayor severidad en la disposición de las juntas de dilatación y en la utilización de adhesivos adecuados en la fijación de las baldosas cerámicas.

Las diferencias de variación dimensional que se establecen entre las baldosas cerámicas y el soporte, por acciones térmicas, provocan la aparición de solicitaciones tangenciales entre ambas capas.

Entre las baldosas cerámicas y los morteros y hormigones existen notables diferencias de dilatación. El coeficiente de dilatación de las baldosas oscila entre 6 y 8 micras por metro y grado, mientras que el de morteros y hormigones está comprendido entre 11 y 13 micras por metro y grado.

En el caso de baldosas cerámicas colocadas con un mortero de cemento, al aumentar la temperatura del conjunto, las baldosas se alargan menos que el mortero, y consecuentemente, al descender la temperatura las baldosas se contraen menos que el mortero. Al ser ambos elementos solidarios, por la unión establecida entre ellos, cuando, al enfriar, tiende a contraerse más el mortero que las baldosas, éstas se ponen en compresión.

Si se hace una pavimentación exterior, en verano, cuando existe una temperatura de 25°C , ambos elementos baldosas y mortero, se adhieren entre sí, cuando cada uno de ellos tiene las dimensiones que le corresponden a esta temperatura.

Cuando llega el invierno, la temperatura desciende, por ejemplo, hasta -5°C . Considerando un tramo de pavimento de 10 m de longitud y considerando también el caso de que ambos elementos no estuviesen adheridos y actuaran independientemente, el pavimento cerámico experimentaría una contracción de 2,1 mm y el mortero de colocación se contraería 3,6 mm. Como, en la práctica, estos elementos están adheridos y son solidarios, la mayor tendencia a contraerse que posee el mortero, pondrá en compresión al pavimento cerámico.

En todos los casos en que se levantan las baldosas es porque éstas se hallan en compresión. Las diferencias de coeficientes de dilatación entre las baldosas y la capa de adhesivo son, pues, una causa potencial de despegue de las baldosas.

Si, en el caso anterior, las baldosas se hubiesen adherido al mortero en época fría, al llegar la época caliente, el mortero tendería a dilatarse más que el pavimento cerámico, y por ello, éste resultaría sometido a tracción.

Así, pues, resulta que no solamente son importantes las diferencias de coeficiente de dilatación entre las baldosas y el mortero, sino que también lo es, y en gran medida, la temperatura ambiental a la cual se produce la adhesión entre ambos elementos. Según estos comportamientos, resulta inadecuada la colocación de los pavimentos y revestimientos cerámicos en época muy calurosa. El invierno sería la

época óptima, si no surgiese el factor complicante de las heladas. Por esta razón, las estaciones más adecuadas son la primavera y el otoño, cuando no hace calor, ni existe riesgo de heladas.

Los revestimientos y pavimentos interiores experimentan, por lo común, menores variaciones de temperatura durante su servicio, a menos que, por su proximidad a ventanales reciban una intensa insolación directa, o sufran calentamiento por acción de fuentes artificiales de calor. Un caso particular, que merece atención especial, es la calefacción por paneles radiantes en pavimentos o paredes.

La existencia de paneles radiantes en el pavimento acentúa la movilidad térmica diferencial y, por tanto, el estado tensional.

La localización de los serpentines da lugar a complicaciones debidas a las heterogeneidades de temperatura que crean en las distintas zonas del pavimento.

Las calefacciones radiantes empotradas en los elementos constructivos horizontales puedan actuar hacia arriba, hacia el pavimento, o hacia abajo, hacia el cielo raso del piso inferior.

El sobrecalentamiento por acción de la fuerte insolación en la proximidad de ventanales o aberturas, es especialmente perjudicial durante la colocación de pavimentos o revestimientos. Esta acción térmica es indeseable por dos razones:

- Por el efecto, ya descrito, de exaltación de las tensiones por dilatación, y
- Por la influencia negativa que ejerce sobre el fraguado del mortero.

Asentamiento de los edificios

El peso de los edificios es soportado por los sustratos rocosos sobre los que se apoyan. Cuando un edificio de gran peso se apoya sobre un sustrato de poca compacidad, como es el caso, por ejemplo, de terrenos arcillosos o materiales aluviales sin cimentar, se ejercen presiones localizadas que son superiores a las que el suelo puede soportar. Cuando esto ocurre, se hace necesario disminuir las presiones localizadas, aumentando la superficie de contacto en la cimentación, bien sea mediante losas, zapatas, pilotes, o mediante una combinación de estos elementos.

Ocurre, sin embargo, que, incluso en suelos compactos y con cimentaciones bien calculadas, el suelo ha de adecuarse a las nuevas condiciones de mayor presión a que es sometido. El conjunto de estas acciones mecánicas de adaptación mutua entre suelo y edificio constituye el llamado asentamiento.

Este asentamiento puede no ser homogéneo y constante, puesto que varía, tanto en el espacio, como en el tiempo. El asentamiento varía en el espacio porque pueden existir diferencias litológicas en el sustrato, o también pueden existir diferentes presiones de apoyo, ejercidas por los varios elementos estructurales que están en contacto con el suelo.

El asentamiento varía en el tiempo, debido a factores muy diversos, tales como: cálculo inexacto de la compacidad del terreno, lo cual puede producir flujo del material, mala

ejecución de la cimentación, degradación de la estructura de la cimentación (caso de hormigones en contacto con ambientes químicos agresivos), disolución del sustrato rocoso por aguas subterráneas (terrenos que contienen sales solubles, como yeso, halita, o incluso, calizas en proceso de endokarstificación), y otras acciones naturales o artificiales sobre el sustrato en el área de influencia del edificio, como, por ejemplo, excavaciones para nuevos edificios, procesos erosivos fluviales, etc.

El asentamiento es un hecho normal, con el cual hay que contar. Lo que hay que vigilar y controlar es su modo de realizarse y su magnitud, con el fin de poder intervenir a tiempo para aplicar las medidas correctoras que fuesen necesarias. Estas medidas correctoras, como la inyección del terreno, aunque costosas, pueden ser necesarias para evitar daños mayores en el edificio.

BIBLIOGRAFÍA

1. COLOCACIÓN DE PAVIMENTOS Y REVESTIMIENTOS CERÁMICOS. INSTITUTO DE TECNOLOGÍA CERÁMICA. UNIVERSITAT JAUME I Y ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LAS INDUSTRIAS CERÁMICAS. CASTELLÓN. 1993.
2. II CONGRESO MUNDIAL DE LA CALIDAD DEL AZULEJO Y DEL PAVIMENTO CERÁMICO (QUALICER). CASTELLÓN. CÁMARA OFICIAL DE COMERCIO, INDUSTRIA Y NAVEGACIÓN. COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS INDUSTRIALES. 1992.
3. ATTI DELLA GIORNATA SU LE CONTESTAZIONI NELLA POSA DELLE PIASTRELLE CERAMICHE. BOLOGNA. CENTRO CERÁMICO. 1985.
4. AMORÓS ALBARO, J.I.: ET AL. DEFECTOS DE FABRICACIÓN DE PAVIMENTOS Y REVESTIMIENTOS CERÁMICOS. CASTELLÓN. AICE-ITC. 1991.
5. THE DESIGNER'S GUIDE TO ITALIAN CERAMIC TILES AND THEIR INSTALLATION. SASSUOLO. EDI.CER. 1987.
6. CARREAUX DE FRANCE.- CÉRAMIQUES POUR SOLS ET MURS. REDACTION, SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE CÉRAMIQUE. PARIS. SEPTIMA. 1989.
7. FERNIANI, C.: LA PIASTRELLA CERAMICA.- UN MODERNO PRODOTTO DI ANTICHE TRADIZIONI. FAENZA. MONOCERAM. 1992.
8. HANDBOOK FOR CERAMIC TILE INSTALLATION. 1992. PRINCETON. TILE COUNCIL OF AMERICA. 1991.
9. HART, W.: MANUAL DEL COLOCADOR DE REVESTIMIENTOS DE SUELOS. BILBAO. URMO. 1972.
10. HENLL, W.: LE REVÊTEMENT DES SOLS. PARÍS. DUNOD. 1967.
11. MONTANARI, M.: PAVIMENTI E REVESTIMENTI IN CERAMICA. GUIDA PRATICA PER LE IMPRESE DI POSA. FAENZA. FAENZA EDITRICE. 1981.
12. PALMONARI, C. Y TIMELLINI, G.: CLAIMS AND CONTROVERSIES IN CERAMIC TILE FIXING. BOLOGNA. CENTRO CERÁMICO. 1986.
13. PALMONARI, C. Y TIMELLINI, G.: CERAMIC FLOOR AND WALL TILE PERFORMANCE AND CONTROVERSIES. SASSUOLO. EDI. CER. 1989.
14. PORCAR, J.L.: MANUAL-GUÍA TÉCNICA DE LOS REVESTIMIENTOS Y PAVIMENTOS CERÁMICOS. CASTELLÓN. DIPUTACIÓN, INSTITUTO DE TECNOLOGÍA CERÁMICA. 1987.
15. SIEGEL, R.: DECORATING WITH TILES. LONDON. COLUMBUS BOOKS. 1989.
16. TESSIER, E.: MANUEL MODERNE DU CARRELEUR, DU FAÏENCIER ET DU MOSAÏSTE. 8ª ED. PARÍS. EYROLLES. 1985.